


**Vibration fill-level limit switch - has level measurement device connected to remote evaluation circuit, and performs regular functional test cycles**

**Patent number:** DE4232719  
**Publication date:** 1994-03-31  
**Inventor:** HUBER GERHARD (DE); RAFFALT FELIX (DE)  
**Applicant:** VEGA GRIESHABER GMBH & CO (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01F25/00; G01F23/28; G01D5/12; G01H1/00;  
G01D18/00  
- **europaean:** G01D18/00B; G01F23/26; G01F25/00B2; G01D5/14;  
G01F23/296H; G01F25/00B  
**Application number:** DE19924232719 19920930  
**Priority number(s):** DE19924232719 19920930; DE19924244761 19920930

**Also published as:** DE4244761 (A1)**Abstract of DE4232719**

The limit switch has a level measurement device and is connected, via a two-wire line, to a remote evaluation circuit which also supplies the switch with power via the line. An instruction to initiate a test cycle for checking the correct functioning of the limit switch is generated at regular intervals by the limit switch or evaluation circuit.

The measurement device (22) is a mechanical resonator, esp. in the form of a fork resonator, driven at its mechanical, level dependent resonant frequency by an oscillator (17). A reference circuit (21) formed by a band pass filter is connected to the oscillator input during the test cycle.

ADVANTAGE - Reliable level measurement, enables problem-free, effective performance of test cycles.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Abstract for DE 42 32719



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 42 32 719 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 F 25/00**  
G 01 F 23/28  
G 01 D 5/12  
G 01 H 1/00  
G 01 D 18/00

②1 Aktenzeichen: P 42 32 719.9  
②2 Anmeldetag: 30. 9. 92  
④3 Offenlegungstag: 31. 3. 94

DE 4232719 A1

⑦1 Anmelder:  
Vega Grieshaber GmbH & Co, 77709 Wolfach, DE

⑦4 Vertreter:  
Westphal, K., Dipl.-Ing.; Mußgnug, B., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., 78048 Villingen-Schwenningen; Buchner,  
O., Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 81245 München

⑦2 Erfinder:  
Huber, Gerhard, 7620 Wolfach, DE; Raffalt, Felix,  
7612 Fischerbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vibrations-Füllstand-Grenzscharter

⑤7 Der beschriebene Füllstand-Grenzscharter ermöglicht eine zuverlässige, aussagekräftige Testung seiner wesentlichen Komponenten durch Einsatz eines Referenz-Bandfilters sowie eine verfälschungssichere Test- und Meßwertübertragung. Der Testbefehl kann durch Amplitudensteuerung des zwischen dem Grenzscharter und dem Auswertgerät fließenden Stroms auf einen außerhalb des Meßstrombereichs liegenden Wert, der aber noch oberhalb des Eigenstrombedarfs des Grenzscharters liegt, gebildet werden.

DE 4232719 A1

Die Erfindung betrifft einen Vibrations-Füllstands-Grenzschalter, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Anordnung ist in Bezug auf die Testbefehlübertragung z. B. aus der DE 31 27 637 C2 bekannt. Dieses Füllstands-Meßsystem besteht aus einem kapazitiven Sensor, der über eine Zweidrahtleitung mit einem entfernt angeordneten Auswertgerät verbunden ist, das zyklisch wiederkehrende Testprozeduren zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der einzelnen Komponenten nutzt. Die Zuführung eines Meßwertes zum Auswertgerät erfolgt durch Umsetzung desselben in eine zugehörige Frequenz, die in Form von Impulsen über die Zweidrahtleitung zum Auswertgerät gesendet wird. Zur Auslösung eines Testzyklus wird die Stromversorgung des Sensors durch Öffnen eines im Auswertgerät vorhandenen, in die Zweidrahtleitung eingeschalteten Schalters unterbrochen. Der daraufhin eingeleitete Testzyklus bewirkt die sensorinterne Generierung einer Frequenz, die höher als die durch die Sensorkapazität bestimmte Meßfrequenz ist. Diese Frequenzen werden vom Auswertgerät erfaßt und auf Korrektheit überprüft.

Weiterhin ist aus der EP 0 433 995 A2 ein Testsystem bekannt, bei dem empfängerseitig ein Testsignalgenerator zur Einleitung eines Funktionstests vorhanden ist. Der Testsignalgenerator ist durch einen Schalter gebildet, der die beiden Versorgungsleitungen zwischen Auswertgerät und Sensorkomponenten kurzschließt, d. h. die Leistungspeisung des Sensors kurzfristig unterbricht. Zur Testung werden die beiden Sensor-Ausgangsleitungen durch ein vorgegebenes Kontrollsignal beaufschlagt, das dem Auswertgerät zugeführt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Füllstand-Sensor zu schaffen, mit dem sich eine zuverlässige Messung sicherstellen und insbesondere ein Testzyklus in unproblematischer, aussagekräftiger Weise durchführen läßt.

Diese Aufgabe wird mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen angegeben.

Um eine aussagestarke, zuverlässige Funktionstestung zu erzielen, ist zusätzlich zu dem den Füllstand erfassenden Schwingelement ein Referenzglied in Form eines Bandfilters vorhanden, das nach Auftreten des Testbefehls ausgewertet wird und folglich ein Referenzsignal abgibt. Das Schwingelement eines Vibrations-Füllstand-Sensors, insbesondere bei Ausbildung als Gabelresonator oder Koaxialschwinger, stellt ein komplexes elektromechanisches Gebilde dar, das sich nicht in einfacher Weise durch ein einzelnes elektronisches Bauteil ersetzen läßt. Erfindungsgemäß wurde aber erkannt, daß das Schwingelement durch einen Resonator in Form eines Bandfilters in seinen Eigenschaften für Testzwecke äußerst zuverlässig nachgebildet werden kann. Das Bandfilter zeichnet sich zudem durch äußerst geringe Baugröße und hohe Zuverlässigkeit aus. Das Bandfilter kann aktiv elektronischer, mechanischer oder passiv elektrischer Art sein.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist das Bandfilter so ausgelegt, daß es in seiner Güte und Phasenverschiebung einem in bestimmter Weise mit Füllgut bedeckten Gabelresonator entspricht. Dies hat zur Folge, daß das Bandfilter bei Erregung durch den Oszillator nicht nur auf der Frequenz eines Füllgut-bedeckten

Sensors schwingt, sondern auch bei Fehlern im Oszillator oder den ihn speisenden Komponenten gleichartige fehlerhafte Frequenzverschiebungen bzw. Schwingungsausfälle erzeugt, wie es auch beim nachzubildenden Gabelresonator selbst der Fall wäre. Der auf diese Weise gewonnene Referenzwert durchläuft in gleicher Weise wie das Meßsignal alle nachfolgenden signalverarbeitenden Stufen und beinhaltet damit auch deren Nullpunkt- und Steilheitsfehler. Durch Vergleich dieses Referenzwerts mit einem beim Initialisierungsabgleich im Auswertgerät abgespeicherten Vergleichsreferenzwert können alle wesentlichen bei der Schwingungssignalerzeugung, -erfassung, -auswertung und -umsetzung beteiligten Komponenten auf Fehlerfreiheit überprüft werden.

In bevorzugter Ausgestaltung regelt der Sensor den auf der Zweidrahtleitung fließenden Strom derart, daß seine Amplitude die durch den Sensor erfaßte Meßgröße, insbesondere den Füllstand, repräsentiert. Der Sensor erzwingt somit einen der Meßgröße jeweils entsprechenden analogen Leitungsstrom, so daß das Auswertgerät lediglich die Stromamplitude erfassen muß und hieraus in äußerst zuverlässiger, störunanfälliger Weise den Meßwert ermitteln kann. Diese Form der Signalübertragung ist zuverlässiger als eine herkömmliche Meßwertkodierung in Form von Impulsen, die an das Auswertgerät gesendet werden. Bei letzterer Methode besteht die Gefahr der Meßwertverfälschung durch störgrößenbedingte Impulsunterdrückung oder aber Einblendung zusätzlicher Störimpulse. Auch gegenüber einer Meßmethode, bei der zunächst die Stromaufnahme des Sensors ohne Meßsignal und anschließend der Stromfluß zum Sensor bei überlagertem Meßsignal gemessen wird (DE 28 37 377 C3), bestehen insoweit Vorteile, als bei der erfindungsgemäßen, sensorseitigen Leitungsstromregelung das Auswertgerät sofort und ohne Differenzbildung oder dergleichen den Test- oder Meßwert übernehmen und auswerten kann. Auch bleiben Störeinflüsse wie etwa Leitungswiderstandsschwankungen oder dergleichen ohne negative Auswirkung. Die erfindungsgemäße Leitungsstromregelung zur Meßwertübertragung ist auch unabhängig von der vorstehend diskutierten Meß- und Referenzgliedausgestaltung funktionsfähig und einsetzbar.

Die erfindungsgemäße Leitungsstromregelung erfolgt vorzugsweise in schaltungstechnisch einfacher Weise durch einen sensorseitigen Stromregler, dem ein meßwertabhängiges Signal als Sollwert zugeführt wird.

Das den Füllstand angegebende Oszillator-Resonanzfrequenzsignal läßt sich in bevorzugter Weise durch Frequenz-Spannungswandlung in ein analoges Ausgangssignal umsetzen, das unmittelbar als Sollwert des Stromreglers für die Leitungsstromregelung dienen kann. Bei schaltungstechnisch einfachem Aufbau läßt sich somit eine direkte Nachführung der Leitungsstromamplitude entsprechend der gemessenen Meßgröße erreichen.

Vom Sensor nicht benötigter Strom kann hierbei durch eine im Sensor vorhandene spannungsabhängige Stromsenke aufgenommen werden, so daß sich unabhängig von der Leitungsstromamplitude eine konstante interne Sensorversorgungsspannung ergibt.

Eine günstige und mit geringem Aufwand realisierbare Erfassung des Testbefehls läßt sich durch eine Pegelüberwachungseinrichtung bewerkstelligen, die eine durch den Testbefehl-Leitungsstrom hervorgerufene Vollaussteuerung des Stromreglers erfaßt. Um die Testzyklusdauer zeitlich zu definieren, ist bevorzugt eine

Zeitbestimmungsstufe vorhanden, die in sehr einfacher Weise als Monoflop ausgestaltet sein kann. Zur Unterdrückung der Auswirkungen eventueller Störimpulse, die eine solche Vollaussteuerung des Stromreglers bewirken oder simulieren, ist bevorzugt ein Zeitverzögerungsglied vorhanden, das eine Testzykluseinleitung dann freigibt, wenn der Stromregler für eine bestimmte Zeitdauer kontinuierlich voll ausgesteuert wurde.

Der Aufbau läßt sich noch dahingehend modifizieren, daß über eine Konstanzspannungsquelle eine Konstanzspannung an den Stromregler als Sollwert angelegt wird, während ein bestimmter Abschnitt des Testzyklus durchgeführt wird. Hierdurch wird bei korrekter Funktionsweise ein definierter Leitungsstrom erzwungen, dessen Größe mit einem gespeicherten Vergleichsreferenzwert verglichen werden kann.

Um die bei einer Testbefehlsübertragung auftretende Stromlimitierung auf einen bestimmten, vorzugsweise niedrigen Wert zu erreichen, weist das Auswertgerät vorzugsweise eine Konstanzstromquelle auf, die während des Testbefehls zur Sensorspeisung eingesetzt wird und die den Testbefehls-Strom erzeugt.

Zur zuverlässigen Erfassung des Sensorstroms ist im Auswertgerät vorzugsweise ein Stromföhlwiderstand vorgesehen, über den der gesamte Sensorstrom geführt wird, so daß am Stromföhlwiderstand ein stromproportionaler Spannungswert auftritt, der leicht weiterverarbeitet werden kann.

Mit vorliegender Erfindung läßt sich zudem ein Testzyklus in unproblematischer, definierter Weise einleiten und durchführen, ohne daß der Sensor mit einer eigenen Spannungsversorgung ausgestattet sein muß.

Die beiden eingangs genannten Maßnahmen zur Bildung des Testbefehls (kurzzeitige Leitungsunterbrechung bzw. -kurzschlieöung) haben nämlich den Nachteil, daß die Sensorelektronik während des Zeitraums der Erzeugung des Testbefehls nicht mehr vom Auswertgerät gespeist wird, so daß derartige Sensoren einen mittels Diode von der Zweidrahtleitung abgekoppelten Pufferkondensator benötigen, der die Spannungsunterbrechung überbrückt. Die hierfür unabdingbaren Elektrolytkondensatoren besitzen aber nur mangelhafte Lebensdauer (insbesondere bei Hochtemperaturanwendungen), erhebliche Baugröße und sind zudem in eigensicheren Ex-Stromkreisen problematisch (solche Kondensatoren müßten unter Verguß inselartig angeordnet sein, wobei der Zugriff über hochohmige Strombegrenzungswiderstände zu erfolgen hätte). Des weiteren ist die elektromagnetische Störfestigkeit dieser Übertragungsmethoden eingeschränkt, da aus Gründen der benötigten Speicherkapazität nur relativ kurze Spannungsunterbrechungszeiten gewählt werden können. Wenn der Initialbefehl vom Auswertgerät an den Sensor in Form einer Spannungsabschaltung mit nur sehr schmaler Impulsbreite erfolgt, können bereits schmale Störimpulse durch kapazitive oder induktive Einstreuungen den Initialbefehl maskieren bzw. imitieren.

Solche schmalen Störimpulse sind in industrieller Umgebung im Störspektrum besonders häufig vertreten. Im Fall von zeitlich ausgedehnten Befehlsmustern können die Störimpulse zwar ausgemittelt werden, jedoch wird dann eine entsprechend stärker dimensionierte Hilfsspannungsquelle im Sensor benötigt.

Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung kann der Testbefehl demgegenüber durch Begrenzung des dem Sensor zugeführten Stroms auf einen oberhalb dessen Eigenstromverbrauch, aber außerhalb des normalen

Meßstrombereichs liegenden Wert gebildet werden. Somit bleibt auch bei der Einleitung des Testzyklus ausreichende Stromspeisung des Sensors sichergestellt, so daß dieser keine eigene Strom- oder Spannungsquelle (zusätzlich zur Stromspeisung durch das Auswertgerät) benötigt. Diese vom Sensor oder vorzugsweise vom Auswertgerät erzwungene Strompegelbegrenzung auf einen außerhalb, vorzugsweise unterhalb des üblichen Arbeitsbereichs liegenden Wert kann vom System in sehr einfacher Weise erfaßt werden, beispielsweise über einen Strompegeldetektor, und als Folge hiervon der Testzyklus eingeleitet werden. Alternativ kann auch der Sensor den Strompegel periodisch auf einen oberhalb des höchsten Meßstroms liegenden Wert anheben und hierdurch dem Auswertgerät die Einleitung des Testzyklus signalisieren. Diese Testbefehlsgestaltung kann auch unabhängig von den in den übrigen Ansprüchen angegebenen Maßnahmen vorgesehen sein.

In bevorzugter Weise wird nach der Zuföhrung des Testbefehls vom Sensor ein innerhalb des normalen Meßbereichs liegendes Referenzsignal vorbestimmter Größe abgegeben. Dieses Referenzsignal liegt über die Zweidrahtleitung auch am Auswertgerät an und kann von diesem auf korrekte Höhe überprüft werden. Damit Leitungswiderstände, die z. B. aufgrund variierender Leitungslänge unterschiedliches Ausmaß haben können, die Signalamplitude nicht beeinflussen, wird das Referenzsignal als eingepprägter Strom auf der Leitung übertragen.

Eine noch weiterreichende Verfeinerung und Verbesserung der Überprüfung der korrekten Funktionsfähigkeit des Systems läßt sich dadurch erreichen, daß der Sensor nach dem Testbefehl ein weiteres Signal abgibt, dessen Größe, insbesondere Stromamplitude, oberhalb der üblichen Meßbereichs-Signale liegt. Folglich kann der Gesamtbereich der vom Sensor während eines normalen Meßzyklus abgebbaren Signalamplituden durch jenseits der zulässigen Grenzen liegende Testsignale sowie ein innerhalb des Meßbereichs liegendes Testsignal insgesamt überprüft werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Gesamtansicht einer ein Ausführungsbeispiel des Füllstand-Sensors enthaltenden Anordnung zur Funktionsüberwachung und -auswertung bei Füllstandsdetektoren,

Fig. 2 ein Blockschaltbild des Füllstandsensors,

Fig. 3 ein Blockschaltbild des Auswertgeräts, das mit dem in Fig. 2 dargestellten Sensor verbunden ist, und

Fig. 4 ein Impulsdiagramm, das den zeitlichen und amplitudenmäßigen Verlauf der auf der Zweidrahtleitung zwischen Sensor und Auswertgerät fließenden Ströme zeigt.

In Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung gezeigt, die ein Auswertgerät 1 umfaßt, das über eine Zweidrahtleitung 2 mit einem Sensor 3 verbunden ist. Der Sensor 3 dient zur Füllstandsmessung und empfängt einen Eingangsparameter P, der den Füllstand z. B. in Form der Füllgutdichte darstellt. Der Sensor 3 ist als Schwingelement, und zwar hier speziell als Gabelresonator ausgebildet.

Die Funktionsweise der vorstehend beschriebenen Anordnung ist wie folgt:

Die Meßwerte werden vom Sensor 3 zum Auswertgerät 1 in Form eines Zweileitersignals übertragen. Hierbei wird die Einleitung eines Meßzyklus durch das Auswertgerät 1 gesteuert und dadurch realisiert, daß

der Stromfluß auf der Leitung 2 zwischen dem Sensor 3 und dem Auswertgerät 1 kurzzeitig auf einen Wert von 4 mA, der unterhalb des im normalen Meßbereich auftretenden Stroms liegt, begrenzt wird. Diese Stromabsenkung wird von der Elektronik im Sensor 3 erkannt und löst eine Folge interner Prüfungen aus, die so ausgelegt sind, daß alle auftretenden Fehler im Sensor, und zwar sowohl mechanische als auch elektrische Fehler, erkannt werden können. Dies wird im folgenden noch näher unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschrieben. Das Stromsignal auf der Leitung 2 hat dabei den in Fig. 4 dargestellten Verlauf.

In der Phase I wird der Strom kurzzeitig für 50 ms auf einen Wert von 4 mA begrenzt, wodurch der Meßzyklus gestartet wird. In der Phase II wird für die Dauer von ca. 200 ms ein Referenzstromwert übertragen, dessen Größe innerhalb des auch bei einer normalen Messung möglichen Strombereiches von 5 bis 20 mA liegt, und z. B. 15 mA beträgt. Anschließend wird in der Phase III für eine Dauer von ca. 100 ms ein Synchronisationsimpuls übertragen, dessen Größe oberhalb der bei einer normalen Messung auftretenden Stromamplituden liegt und beispielsweise 25 mA beträgt. In der anschließenden Phase IV wird dann der aktuelle Meßwert übertragen. Die Gesamtdauer der Phasen I bis IV beträgt z. B. 1 s, kann aber auch kürzer oder länger gewählt werden.

Bei Auftreten von Fehlern verändert sich dieser Signalverlauf hinsichtlich der Amplituden- und Zeitwerte. Durch einen Vergleich mit abgespeicherten Kennwerten im Auswertgerät 3 wird diese Veränderung festgestellt und ggf. Sicherheitsmaßnahmen eingeleitet.

Die Testfunktion wird kontinuierlich wiederholt, wobei die Wiederholfrequenz dem Reziprokwert der Gesamtdauer der Phasen I bis IV entspricht (Dauerüberwachung). Die Gesamtdauer eines solchen Zyklus der Phasen I bis IV kann, wie in Fig. 4 angegeben, eine Sekunde betragen, jedoch auch andere Werte annehmen.

In den Fig. 2 und 3 ist das komplette Meßsystem in größeren schaltungstechnischen Einzelheiten dargestellt. Der Sensor 3 ist dabei in Fig. 2 gezeigt, während das Auswertgerät 1 in Fig. 3 dargestellt ist. Der Sensor 3 wird vom Auswertgerät 1 über die gestrichelt angedeutete Zweidrahtleitung mit Strom gespeist, die sensorseitig mit Anschlüssen 12 und 14 und auswertgerätseitig mit Anschlüssen 26 und 27 verbunden ist.

Der Sensor weist einen Gabelresonator (Schwinggabel) 22 auf, der im normalen Meßbetrieb über einen Oszillator 17 rückgekoppelt ist und auf seiner mechanischen Resonanzfrequenz schwingt. Diese verringert sich mit zunehmender Bedeckung der Schwinggabel mit Füllgut, da sich die schwingungsfähige Masse aufgrund der mitbewegten Flüssigkeitsanteile erhöht. Damit stellt die Frequenz des Oszillator-Ausgangssignals, die über eine Leitung 23 als Erregerspannung an den Gabelresonator 22 angelegt wird, ein direktes Maß für den zu bestimmenden Füllstand dar und wird an einen Impulsformer 18 angelegt, der die analoge Ausgangsspannung in ein amplitudenstabiles, steilflankiges Rechtecksignal umwandelt. Dieses Rechtecksignal wird dem Eingang eines Frequenz-Spannungswandlers 19 zugeführt und durch diesen in eine Analogspannung umgewandelt, die proportional zur Periodendauer des Oszillator-Ausgangssignals ist. Das Ausgangssignal des Frequenz-Spannungswandlers 19 wird über einen Schalter 25 an den Sollwert-Eingang eines Stromreglers 10 angelegt und bildet somit dessen Sollwert-Eingangsgröße. Der Istwert-Eingang des Stromreglers 10 ist mit dem An-

schluß 14 und zugleich mit einem Anschluß eines Stromfühlwiderstands 13 verbunden, dessen anderer Anschluß auf Masse liegt. Da der Sensor keine unabhängige Eigenstromversorgung besitzt, fließt der gesamte, vom Sensor über den Anschluß 12 aufgenommene Strom über den Stromfühlwiderstand 13 zum Anschluß 14 und über diesen weiter zum Auswertgerät 1 zurück, so daß die am Verbindungspunkt zwischen dem Stromfühlwiderstand 13 an dem Anschluß 14 auftretende Spannung direkt proportional zum gesamten, vom Sensor aufgenommenen Strom ist.

Der Stromregler 10 steuert über seinen Ausgang eine mit dem Anschluß 12 verbundene steuerbare Stromquelle 11 des Sensors derart, daß die am Stromfühlwiderstand 13 gemessene Gesamtstromaufnahme des Sensors 3 der Ausgangsspannung des Frequenz-Spannungswandlers 19 proportional ist. Die steuerbare Stromquelle 11 liegt in Reihe mit einer Spannungs-Stabilisierungsstufe 6, die eine spannungsabhängige Stromsenke darstellt und mit ihrem anderen Anschluß mit Sensor-Massepotential verbunden ist. Die Stabilisierungsstufe 6 regelt die an parallel zu ihr liegenden Anschlüssen 4, 5 auftretende, als interne Betriebsspannung dienende Spannung auf einen konstanten Wert und leitet den übrigen, von der Sensorschaltung nicht benötigten Strom der Stromquelle 11 gegen Masse ab. Damit ergibt sich zwischen den Klemmen 12 und 14 des Sensors 3 ein Stromfluß, der proportional zur Schwingperiodendauer ist.

Die Stromspeisung des Sensors 3 erfolgt seitens des Auswertgeräts 1 aus einer Spannungsquelle 30, die über einen während des normalen Meßbetriebs geschlossenen Schalter 29 direkt mit dem Anschluß 26 verbunden ist und somit eine konstante Spannung an diesen anlegt. Der über den Anschluß 14 zurückfließende Sensorstrom fließt über einen Stromfühlwiderstand 31 des Auswertgeräts 1 zur Spannungsquelle 30 zurück, wobei die am Verbindungspunkt zwischen dem Anschluß 27 und dem Stromfühlwiderstand 31 auftretende Spannung direkt proportional zum Sensorstrom ist. Die am Stromfühlwiderstand 31 auftretende Spannung wird durch einen Analog/Digital-Wandler 32 digitalisiert und in digitaler Form an ein Prozessorsystem 33 angelegt, das Mikroprozessoren und die weiteren zugehörigen Komponenten enthält. Das Prozessorsystem 33 verarbeitet den zugeführten digitalisierten Spannungswert weiter und erzeugt aufgrund seiner internen Schalttriggercharakteristik aus dem Meßwert ein binäres Füllstandsignal, das über ein Relais 35 an einem Ausgang 36 ausgegeben wird. Das Prozessorsystem 33 steuert weiterhin den Schaltzustand des Schalters 29 sowie eine Anzeige- und Bedienelemente enthaltende Einheit 34 und erfaßt auch Betätigungen dieser Elemente. Weiterhin steuert das Prozessorsystem über ein Relais 37 einen Ausgang 38 für die Abgabe einer Störmeldung.

Zum Test des Sensors auf dessen korrekte Funktion wird erfindungsgemäß auf dessen elektrischen Eingang eine Referenzgröße geschaltet, die in ihrer Auswirkung den gesamten nachfolgenden signalverarbeitenden Aufbau in eindeutiger Weise beeinflußt und daher eine Information über die Fehlerfreiheit der füllstanddetektionsrelevanten Sensorkomponenten liefert, wie im folgenden noch näher erläutert wird. Hierbei ist zugleich sichergestellt, daß die übrigen, nicht an der Referenzmessung beteiligten, insbesondere die mechanischen Sensorkomponenten so aufgebaut sind, daß sie entweder von vornherein als ausfallsicher angesehen werden können oder ein Fehlverhalten derselben in anderer

Weise detektiert wird. Der Testzyklus wird vom Auswertgerät 1 periodisch durch Zuführung eines Testbefehls zum Sensor 3 (über die Zweidrahtleitung 2) ausgelöst. Hierbei arbeitet das erfindungsgemäße System mit einer stromkodierten Übertragung des Testzyklusbefehls, indem als Testbefehl ein Stromwert an den Sensor 3 abgegeben wird, dessen Amplitude oberhalb des maximalen Eigenstrombedarfs des Sensors, aber unterhalb des niedrigsten Meßstroms bei normaler Messung liegt. Hierdurch ist die permanente Speisung des Sensors auch bei Zuführung des Testbefehls gewährleistet.

Alternativ kann der Testbefehl auch durch einen im Sensor eingebauten Stromgenerator erzeugt werden, der zur Einleitung der Test-, Referenz- und Meßphase der Zweidrahtleitung 2 einen periodisch wiederholten Strom von mehr als 20 mA aufprägt.

Zur Übertragung des Testbefehls öffnet das Prozessorsystem 33 den Schalter 29, so daß die direkte Verbindung der Spannungsquelle 30 mit dem Anschluß 26 aufgehoben ist. Die Stromspeisung des Sensor erfolgt somit nunmehr über eine zwischen den Anschluß 26 und die Spannungsquelle 30 geschaltete Konstantstromquelle 28, welche den Sensor mit einem Stromwert speist, der oberhalb des maximalen Sensor-Eigenstromverbrauchs, jedoch unterhalb des tiefsten zu übertragenden Meßwertstroms liegt. Diese Strombegrenzung hat zur Folge, daß der Sensor nicht mehr imstande ist, auf der Zweidrahtleitung 2 mit Hilfe der steuerbaren Stromquelle 11 und der Stabilisierungsstufe 6 einen Stromwert aufzubringen, der dem vom Frequenz-Spannungswandler 19 gelieferten Spannungswert proportional ist. Da der Stromregler 10 aber gleichwohl versucht, diese Proportionalität aufrecht zu erhalten, gelangt sein Ausgangssignal in die Begrenzung, da er versucht, die steuerbare Stromquelle 11 voll auszusteuern. Dieser im normalen Reglerbetrieb nie vorkommende Regler-Ausgangsspannungswert wird von einer mit dem Stromreglerausgang verbundenen Pegelüberwachungsstufe 9 erfaßt, die bei Auftreten solcher Begrenzungs-Reglerausgangsspannungen ein positives Ausgangssignal an eine Zeitverzögerungsstufe 8 abgibt. Die Zeitverzögerungsstufe 6 dient zur Ausfilterung EMV-bedingter Störimpulse und gibt erst nach Ablauf einer Mindestzeit des kontinuierlichen Auftretens des positiven Ausgangssignals der Pegelüberwachungsstufe 9 einen Triggerimpuls an ein nachgeschaltetes Monoflop 7 ab. Das Monoflop 7 aktiviert während seiner Monoschwingung vorbestimmter Dauer die Referenzmessung. Das Ausgangssignal des Monoflops 7 wird über eine Leitung 15 an einen Schalter 20 angelegt, der normalerweise, d. h. bei ungetriggertem Monoflop 7, den Oszillator 17 mit der Schwinggabel 22 verbindet, so daß diese Komponenten im Resonanzkreis liegen.

Bei aktiviertem Monoflop 7 wird der Schalter 20 jedoch zu einem parallel zur Schwinggabel 22 liegenden Bandfilter 21 umgeschaltet, so daß dieses nun über die Leitung 23 im Resonanzkreis mit dem Oszillator 17 liegt. Das Bandfilter 21 ist als aktives elektronisches Bandfilter ausgestaltet, kann aber auch mechanischer oder passiv elektrischer Art sein. Das Bandfilter 21 ist so ausgelegt, daß es in seiner Güte und Phasenverschiebung einem in bestimmter Weise mit Füllgut bedeckten Gabelresonator 22 entspricht. Das Ausgangssignal des Oszillators 17 hat somit bei Verbindung mit dem Bandfilter 21 im Normalfall eine definierte Frequenz, die der eines in bestimmter Weise mit Füllgut bedeckten Sensors entspricht.

Bei Fehlern im Oszillator 17 oder der ihn speisenden

Komponenten treten daher gleichartige fehlerhafte Frequenzverschiebungen oder Schwingungsausfälle auf. Der bei Verbindung des Oszillators 17 mit dem Bandfilter 21 gewonnene Referenzwert durchläuft in gleicher Weise wie ansonsten das Meßsignal die nachfolgenden signalverarbeitenden Stufen 18, 19, 25, 10, 11 und 13 (Fig. 2) sowie 29 bis 32 (Fig. 3) und beinhaltet damit zusätzlich auch deren Nullpunkt- und Steilheitsfehler, so daß alle diese Komponenten überprüfbar sind.

Während der Verbindung des Bandfilters 21 mit dem Oszillator 17 ist der lediglich während der Übertragung des Testbefehls (Phase I in Fig. 6) geöffnete Schalter 29 wieder geschlossen, so daß die Stromregelung wieder aktiviert ist.

Das Prozessorsystem 33 vergleicht den in der Phase II des Testzyklus, d. h. den während der Verbindung des Bandfilters 21 mit dem Oszillator 17 auftretenden Referenzwert mit einem beim Initialisierungsabgleich des Meßsystems abgespeicherten Vergleichsreferenzwert. Bei korrekter Schaltungsfunktion stimmen diese Werte überein, so daß keine Fehlermeldung abgegeben wird. Bei Abweichungen des Referenzwerts vom Vergleichsreferenzwert aktiviert demgegenüber das Prozessorsystem 33 über das Relais 37 den Ausgang 38, so daß eine Störmeldung abgegeben wird. Zugleich wird der Füllstand-Ausgang 36 stromlos geschaltet.

Nach Ablauf der Schwingungsdauer des Monoflops 7, die der Dauer der Phase II (Fig. 6) entspricht und eine Zeitdauer von 200 ms haben kann, schaltet dieses aufgrund seines Ausgangssignalpegelwechsels den Schalter 20 wieder in die vorherige Stellung zurück, so daß nun erneut der Oszillator 17 mit dem Gabelresonator 22 verbunden ist. Durch das Zurückkippen des Monoflops 7 wird auch ein weiteres, mit der Leitung 15 verbundenes und den Schaltzustand des Schalters 25 steuerndes abfallgetriggertes Monoflop 16 getriggert, so daß dieses für eine der Phase III (Fig. 6) entsprechende Zeitdauer ein Ausgangssignal positiven Pegels abgibt, das den Schalter 25 so umschaltet, daß der Sollwert-Eingang des Stromreglers 10 nun mit einer Stufe 24 verbunden wird. Die Stufe 24 erzeugt eine konstante Spannung, die als Synchronisationsimpuls dient und in ihrem Wert höher ist als der höchste Meßwert. Dieser während der Phase III angelegte Synchronisationsimpuls dient dem Auswertgerät 1 zur Unterscheidung zwischen dem Referenzwert während der Phase II und dem Meßwert (Phase IV) und bewirkt zudem eine Überprüfung der Stromtragfähigkeit der Zweidrahtleitung 2 sowie der Aussteuerbarkeit der verschiedenen zwischengeschalteten Stufen.

Mit dem Zurückkippen des Monoflops 16 ist die Phase III und damit der Testzyklus beendet und es wird in der nachfolgenden Phase IV der Meßwert übertragen.

Durch diese Überprüfung lassen sich durch defekte Bauteile hervorgerufene unzulässige Abweichungen von den korrekten Werten erfassen und entsprechende Störmeldungen abgeben. Weiterhin gibt das Prozessorsystem 33 auch dann eine Störmeldung ab, wenn der Meßwert über eine obere Toleranzgrenze ansteigt oder aber aufgrund von Korrosionserscheinungen oder eines Bruchs des Gabelresonators unter den Wert beim Initialisierungsabgleich sinkt.

#### Patentansprüche

1. Füllstand-Grenzschalter, der ein Meßglied zur Füllstanderfassung aufweist und über eine Leitung, insbesondere eine Zweidrahtleitung, mit einem ent-

fernt angeordneten Auswertgerät verbunden ist, das den Grenzscharter über die Leitung mit Leistung versorgt, wobei vom Grenzscharter oder dem Auswertgerät in regelmäßigen Abständen ein Testbefehl zur Einleitung eines Testzyklus für die Überprüfung der korrekten Funktionsweise des Grenzscharters erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßglied (22) als mechanischer Resonator, insbesondere in Form eines Gabelresonators, ausgebildet ist, das durch einen Oszillator (17) mit seiner mechanischen, füllstandsabhängigen Resonanzfrequenz angesteuert wird, und daß das Referenzglied (21) durch ein Bandfilter gebildet ist, das während des Testzyklus mit dem Oszillatoreingang verbunden ist.

2. Füllstand-Grenzscharter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bandfilter so dimensioniert ist, daß es in seinen physikalischen Eigenschaften einem füllgutbedeckten Gabelresonator entspricht.

3. Füllstand-Grenzscharter insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzscharter (3) den auf der Zweidrahtleitung (2) fließenden Strom derart regelt, daß seine Amplitude den durch den Grenzscharter erfaßten Füllstand repräsentiert.

4. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzscharter (3) einen Stromregler (10) umfaßt, an den ein Wert, der den auf der Zweidrahtleitung (2) fließenden Strom repräsentiert, als Istwert und ein den gemessenen Füllstand repräsentierender Wert als Sollwert angelegt sind und der den auf der Zweidrahtleitung fließenden Strom regelt.

5. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Oszillator (17) ein Frequenz-Spannungswandler (19) nachgeschaltet ist, der das Oszillator-Ausgangssignal in ein der Oszillatorfrequenz entsprechendes analoges Ausgangssignal umsetzt.

6. Füllstand-Grenzscharter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das analoge Ausgangssignal des Frequenz-Spannungswandlers (19) dem den Strom auf der Zweidrahtleitung regelnden Stromregler (10) als Sollwert zugeführt wird.

7. Füllstand-Grenzscharter nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine den in der Zweidrahtleitung (2) fließenden Strom steuernde, durch den Stromregler (10) gesteuerte Stromquelle (11) vorhanden ist, die mit einer Stromsenke (6) zusammenwirkt, die den vom Grenzscharter (3) nicht benötigten Strom aufnimmt.

8. Füllstand-Grenzscharter nach Anspruch 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stromregler (10) eine Pegelüberwachungseinrichtung (9) nachgeschaltet ist, die bei einer durch den während des Testbefehls fließenden begrenzten Strom hervorgerufenen Vollaussteuerung des Stromreglers (10) anspricht und eine vorzugsweise als Monoflop ausgebildete Zeitbestimmungsstufe (7) aktiviert.

9. Füllstand-Grenzscharter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Pegelüberwachungseinrichtung (9) und die Zeitbestimmungsstufe (7) ein Zeitverzögerungsglied (8) geschaltet ist, das die Aktivierung der Zeitbestimmungsstufe (7) nur nach einer vorbestimmten Zeitdauer der kontinuierlichen Vollaussteuerung des Stromreglers (10) freigibt.

10. Füllstand-Grenzscharter nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Konstantspannungsquelle (24) vorgesehen ist, über die während eines Zeitabschnitts des Testzyklus eine konstante Spannung an den Stromregler (10) als Sollwert anlegbar ist.

11. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswertgerät eine Konstantstromquelle (28) aufweist, die den Grenzscharter (3) während des Testbefehls speist.

12. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Stromfühlwiderstand (13, 31) vorhanden ist, über den der gesamte durch den Grenzscharter fließende Strom fließt.

13. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Testbefehl durch Festlegung des auf der Leitung (2) fließenden Stroms auf einen Wert gebildet ist, der oberhalb des Eigenstromverbrauchs des Grenzscharters (3) und außerhalb des Bereichs der bei Durchführung einer normalen Füllstandsmessung auftretenden Meßströme liegt.

14. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Testbefehl vom Grenzscharter (3) ein Signal mit vorbestimmter Größe, insbesondere vorbestimmter Stromamplitude, abgegeben wird, dessen Größe innerhalb des bei einer normalen Messung zulässigerweise auftretenden Amplitudenbereichs liegt.

15. Füllstand-Grenzscharter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzscharter (3) nach dem Testbefehl ein Signal abgibt, dessen Größe, insbesondere Stromamplitude, oberhalb des bei einer normalen Messung zulässigerweise auftretenden Meßbereichs liegt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

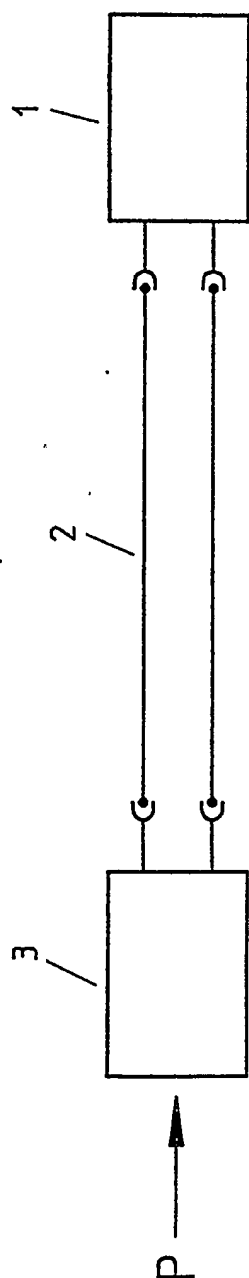


Fig. 1



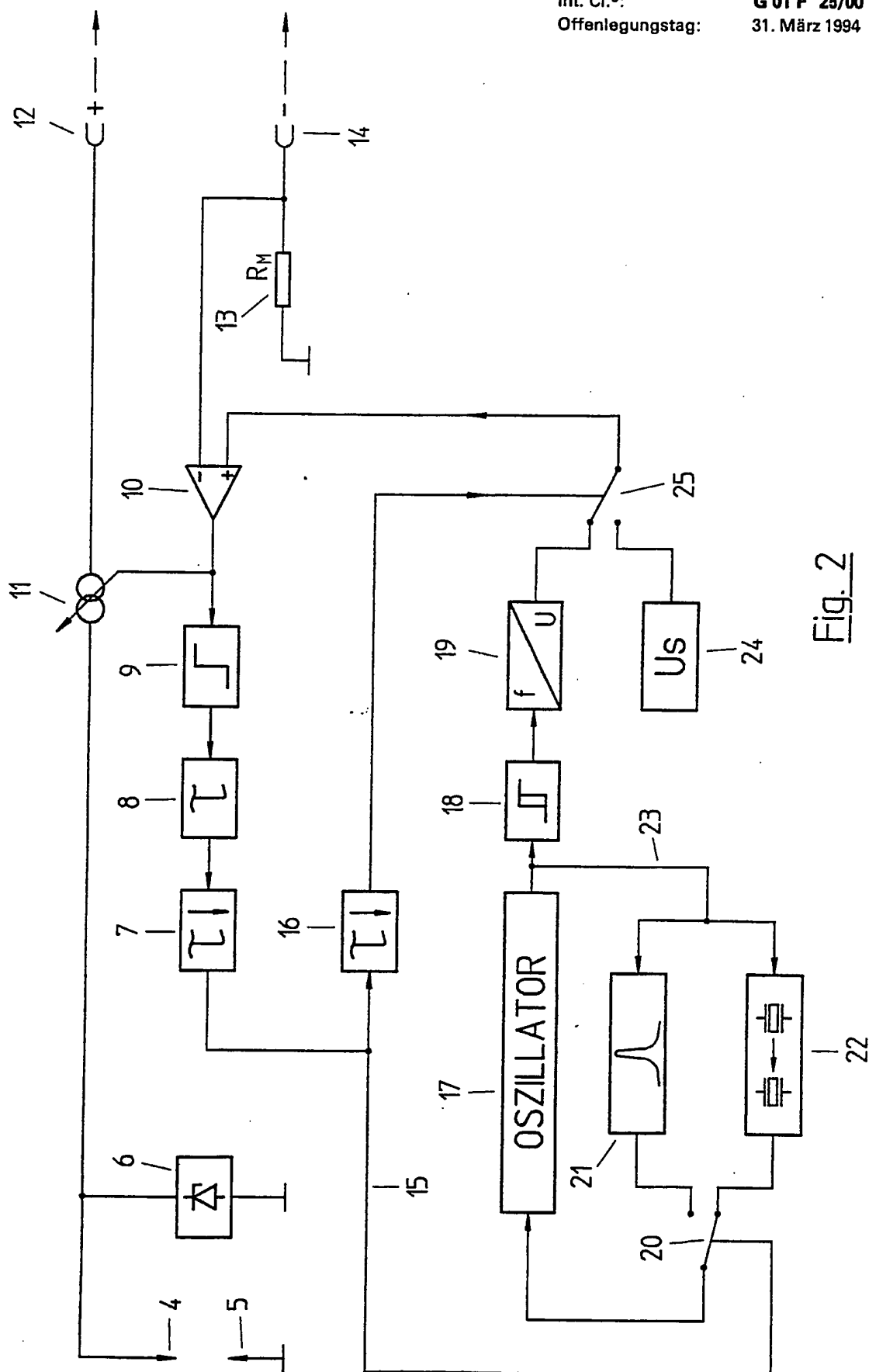


Fig. 2

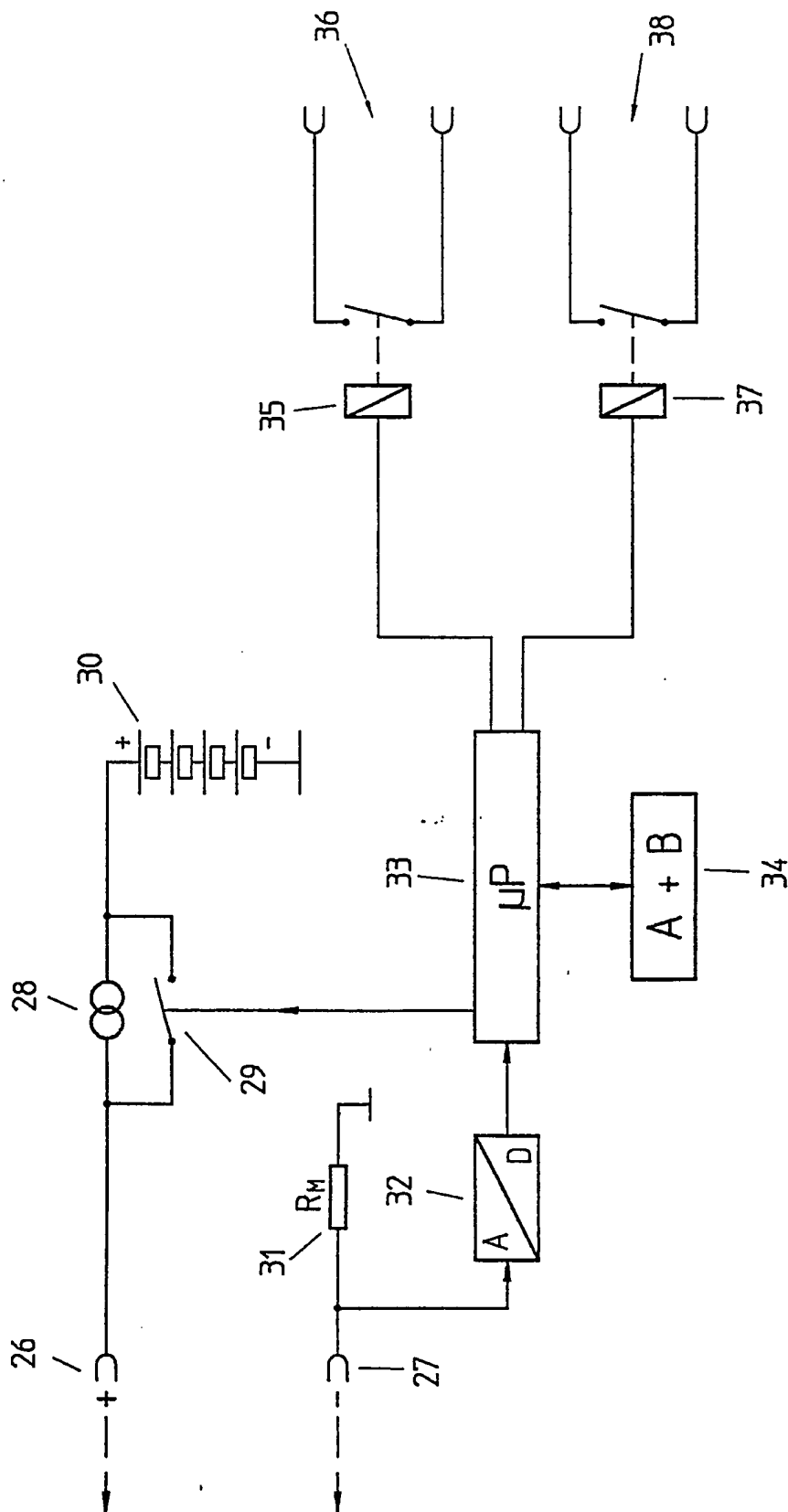


Fig. 3

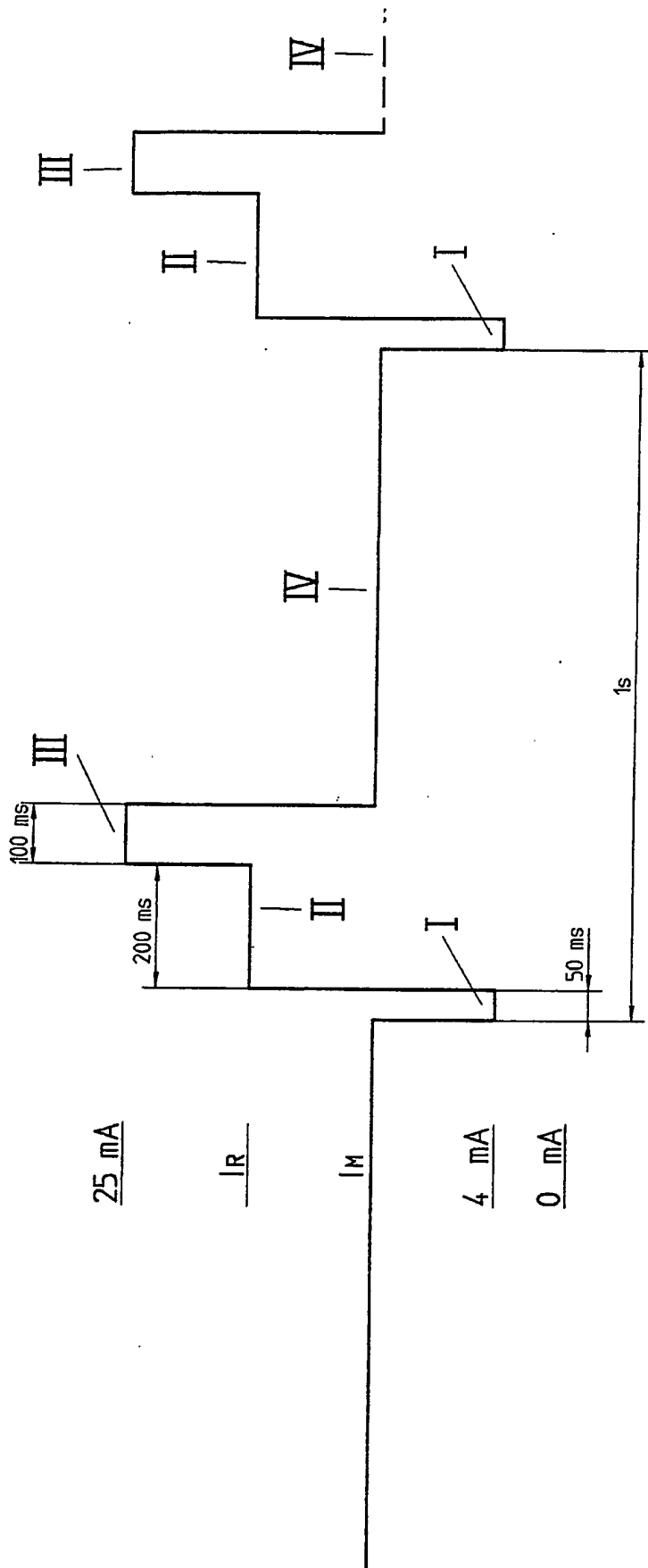


Fig. 4